

# 真菌病毒的研究现状及其在生物防治上的应用

张丽艳<sup>1</sup>, 张国民<sup>1</sup>, 马军韬<sup>1</sup>, 邓凌韦<sup>1</sup>, 王永力<sup>1</sup>, 赵 茜<sup>1</sup>, 徐晓波<sup>2</sup>

(1. 黑龙江省农业科学院 中国科学院北方粳稻分子育种联合研究中心, 黑龙江 哈尔滨 150086; 2. 内蒙古呼伦贝尔市莫力达瓦旗宝山镇农业综合服务中心, 内蒙古 呼伦贝尔 162863)

**摘要:**真菌病毒是一类感染真菌并在其中复制的病毒,部分真菌病毒对寄主的表型具有显著的抑制作用,如引起植物病菌真菌毒力衰退等现象,所以研究真菌病毒为植物真菌病害的防治及病原真菌的分子生物学特性研究提供了新的契机。通过介绍真菌病毒的分类、复制、传播(垂直与水平)、对寄主的影响以及真菌病毒在植物真菌病害的生物防治上的相关应用,为进一步利用及研究真菌病毒奠定了理论基础。

**关键词:**真菌病毒;生物防治;生物特性

**中图分类号:**S432.4

**文献标识码:**A

**文章编号:**1002-2767(2013)08-0150-03

真菌病毒(fungal virus 或 mycovirus)是感染真菌在真菌中复制的病毒,普遍存在于自然界中。目前所发现的真菌病毒多数属于 RNA 病毒,在核盘菌中曾报道过一种 DNA 病毒即 SsHADV-1<sup>[1-2]</sup>。大多数病毒感染真菌后不表现感染特征,对寄主没有显著影响。但也有一些真菌病毒对寄主的表型具有显著的抑制作用,如引起植物病菌真菌致病力衰退现象,目前已在十余种真菌中发现与弱毒力相关的真菌病毒,其中已有 19 种进行了序列分析,如 RnMBV1、CHV1、RVM2、DPRV、FgV-1、HvV190S、SsDRV 和 SsHADV-1 等。现有的病毒为植物真菌病害的防治及病原真菌的分子生物学特性研究提供了新的契机。该文对真菌病毒目前的研究进展及应用现状进行了分析。

## 1 真菌病毒的简述

### 1.1 真菌病毒的分类

目前所发现的绝大多数为 RNA 病毒,根据其基因组类型分为双链 RNA(dsRNA)病毒和单链 RNA(ssRNA)病毒,也有一些 dsDNA 病毒。根据核酸类型、病毒粒体有无、病毒粒体形状等分类依据,可将目前发现的 dsRNA 真菌病毒分为

黄绿病毒科(Chyroviridae)、双分病毒科(Paritiviridae)、呼肠孤病毒科(Reoviridae)、全病毒科(Totiviridae)和低毒病毒科(Hypoviridae)等(International Committee on Taxonomy of Viruses);而 ss(+)RNA 真菌病毒分别归属于杆状核糖核酸病毒科(Barnaviridae)和裸露病毒科(Narnaviridae)等,分布于寄主线粒体中的病毒称之为线粒体病毒(Mitovirus);此外还有许多其分类地位不能确定的病毒,如 FgV3、FgV4、RnMBV1、SsRV-L、灰葡萄孢 BVF 和 BVX、梨干枯病毒 DaRV 糙皮侧耳 OMSV 以及禾谷镰孢菌的 FgV-DK21 等<sup>[3]</sup>。

### 1.2 真菌病毒的传播

目前所发现的真菌病毒其传播模式一般有垂直传播和水平传播两种。由于真菌病毒的有效天然传播媒介尚未发现,而真菌孢子的类型和数量极多,即孢子在真菌病毒的传播中起重要作用,所以垂直传播是以真菌繁殖时产生的孢子携带病毒进行传播,在无性和有性两个阶段都可能存在。有性孢子传毒较不普遍,带毒率较低,仅在曲霉、镰刀菌、多年异担子菌、灰霉菌等真菌中存在,而在子囊菌门真菌的有性子代中未发现真菌病毒,如蘑菇褐腐病菌的厚垣孢子、禾柄锈菌的夏孢子和核盘菌的菌核等都有检测到真菌病毒,研究发现曲霉的后代也可携带真菌病毒,在灰霉菌的 35 个有性孢子中检测到 53% 带有 Botrytis virus X<sup>[4]</sup>。携带病毒的菌株的无性孢子一般易于传播,它直接来源于菌丝体,可通过胞质传播。

收稿日期:2013-03-28

基金项目:黑龙江省农业科学院青年基金资助项目

第一作者简介:张丽艳(1983-),女,内蒙古自治区呼和浩特市人,博士,助理研究员,从事植物病原物的研究。E-mail: zhangliyanyong@126.com。

真菌病毒的水平传播是通过可亲和的细胞发生菌丝融合进行真菌病毒的传递,使真菌病毒从感染病毒的细胞进入健康细胞,但是只有在营养亲和型菌株之间才能进行<sup>[5]</sup>。

### 1.3 真菌病毒与寄主的关系

真菌病毒大部分对其寄主没有影响,如曲霉菌中的真菌病毒对其生物学特性及致病力都无影响,小麦赤霉菌存在真菌 *Fusarium graminearum* dsRNA mycovirus-3、*Fusarium graminearum* dsRNA mycovirus-4,其生物性状正常。但是有许多是以潜藏于寄主真菌中的形式存在于寄主中,在其它 dsRNA 存在时寄主生物学特性及毒力会发生改变,如镰刀菌中存在 1.7 和 10 kb dsRNA 时,生物学特性正常,而当 7.5 kb 的 dsRNA 存在下导致弱毒性。也有一些病毒对寄主的表型具有显著的抑制作用。现在已有 19 种已知真菌病毒与植物病原真菌的弱毒相关<sup>[6-7]</sup>。弱毒病毒科的真菌病毒都可以作用于寄主,使寄主致病力下降导致低毒;在其它的科中,如 BcDRV, dsDNA 病毒 RhiV,全病毒科的 HmTV1-17,呼肠孤病毒科的 MyRV1/Cp9B21、MyRV2/CpC18、MyRV3/RnW370,这些病毒都能引起寄主的低毒性。还有部分没有归类的病毒,如 SsDRV、DaRV、FgV-DK21 等,这些真菌病毒都可以引起寄主的弱毒性。有些真菌病毒促使寄主真菌产生毒素,有利于寄主真菌的生存而保护寄主的,如啤酒酵母存在嗜杀因子有利于嗜杀酵母与敏感酵母菌竞争有限营养和空间环境<sup>[8]</sup>。

## 2 真菌病毒在植物真菌病害生物防治上的应用

植物真菌病害对农作物的产量及品质造成严重的影响,而且在侵染病原真菌农作物过程中,可分泌多种对人畜有害的代谢物,对农产品的产量及安全性都造成了一定程度的危害。而且,目前农作物真菌病害主要依赖化学防治,这种方法不可避免的产生了与环境及农药残留等相关的问题,因此生物防治因其对环境的友好性而备受关注,许多研究都开始着眼于真菌病毒。

### 2.1 应用于病原菌特性的研究

真菌病毒最初是从栽培蘑菇病害的病原物中

发现的,病毒与真菌次生代谢产物的关系以及利用病毒防治植物病原真菌病害的可能性都很值得注意。真菌病毒中所含有的不同程度的 dsRNA 致死因子的存在是一种重要的生物学现象,研究它们之间的植物病原真菌分子生物学基础是病害防治的新途径,植物病原真菌通过胞质融合传递到致病因子,从而降低病原菌的毒性并且减弱其侵染性,这样可以对致病菌株造成的病害进行有效的控制和抵御。

在利用真菌病毒研究植物病原真菌分子生物学特性方面的研究,如利用以低毒病毒 CHV1 和板栗疫病菌建立的真菌病毒与真菌互作的研究系统,不但阐述了板栗疫病菌生长、致病和产孢等生命活动的分子特性,而且分析了病毒引起板栗疫病菌衰退的机理及病毒在寄主细胞内的复制机制等<sup>[9]</sup>。近年来也利用该系统证实了真菌中存在抗病毒相关的 RNAi 途径。目前,在其它真菌与病毒系统中也开始了类似的研究,这些研究结果将极大地丰富真菌学和病毒学内容。随着生物工程技术的发展,通过细胞工程技术转移致病因子,培育低毒性菌株,或通过低毒力的菌株中致病 dsRNA 片段克隆到大肠杆菌中等方法,也有望生产植物病原真菌的致死蛋白。

### 2.2 应用于生物防治的研究

利用植物病原真菌病毒进行植物真菌性病害的生物防治,可以从产生低毒力的菌株、代谢物致死植物病原真菌及其保护作用 3 个方面考虑。20 世纪 60 年代,采用分离天然低毒性菌株或通过菌丝融合选出人工的低毒性菌株用于田间植物病害的防治。

在利用真菌病毒防治植物真菌病害方面,最经典的是 Grente 等通过寄生板栗疫病菌的弱毒相关真菌病毒防治欧洲板栗疫病的蔓延,是弱毒相关真菌病毒在生物防治应用上的成功例证<sup>[10]</sup>。然而,类似的尝试在北美却并不理想,原因主要是北美的栗疫菌具有更为复杂的营养体亲和群。由于真菌病毒通常缺少细胞外的传播途径,只能通过孢子释放进行垂直传播或通过感染菌株与未感染菌株间的菌丝融合进行水平传播,营养体不亲和性成为限制弱毒相关病毒传播和生物防治效率的最主要因素<sup>[11]</sup>。在多种植物病原真菌中发现

有新的真菌病毒,其中一些病毒与寄主真菌的弱毒供需素紧密相关,这些与弱毒相关的发现为广泛利用真菌病毒防治其它作物病害提供了可能,并以期获得毒性低、亲和性范围广、传递低毒性功能强并且能适应自然的工程菌株。

#### 参考文献:

- [1] Ghabrial S A, Suzuki N. Viruses of plant pathogenic fungi[J]. Annu. Rev. Phytopathol, 2009, 47: 353-84.
- [2] Pearson M N, Beever R E, Boine B, et al. Mycoviruses of filamentous fungi and their relevance to plant pathology[J]. Molecular Plant Pathology, 2009, 10: 115-128.
- [3] Buck K. Molecular variability of viruses of fungi[J]. Molecular Variability of Fungal Pathogens, 1998, 53-72.
- [4] Van Diepeningen A D, Debets A J M, Hoekstra R F. Dynamics of dsRNA mycoviruses in black Aspergillus populations[J]. Fungal Genet Biol, 2006, 43: 446-452.
- [5] Glass N L, Dementhon K. Non-self recognition and programmed cell death in filamentous fungi[J]. Current Opinion Microbiol, 2006, 9: 553-558.
- [6] Anagnostakis S L, Chen B, Geletka L M, et al. Hypovirus transmission to ascospore progeny by field-released transgenic hypovirulent strains of *Cryphonectria parasitica* [J]. Phytopathology, 1998, 88: 598-604.
- [7] Li Ren, Guo Qing Li, Han Yong Chao, et al. Degradation of oxalic acid by *Coniothyrium minitans* and its effects on production and activity of  $\beta$ -1, 3-glucanase of this mycoparasite[J]. Biological Control, 2007, 43: 1-11.
- [8] Sasaki A, Miyanishi M, Ozaki K, et al. Molecular characterization of a partitivirus from the plant pathogenic ascomycete *Rosellinia necatrix* [J]. Arch. Virol, 2005, 150: 1069-1083.
- [9] Zhang X, Segers G C, Sun Q, et al. Characterization of Hypovirus-Derived Small RNAs Generated in the Chestnut Blight Fungus by an Inducible DCL-2-Dependent Pathway[J]. J. Virol, 2008, 82: 2613-2619.
- [10] Grente J, Berthelay-Sauret S. Biological control of chestnut blight in France[C]//MacDonald L, Cech F C, Luchock J, et al. Proceedings of the American Chestnut Symposium. Morgantown: West Virginia University, 1978: 30-34.
- [11] Milgroom M G, Cortesi P. Biological control of chestnut blight with hypovirulence: a critical analysis[J]. Ann. Rev. Phytopathol, 2004, 42: 311-338.

## Research Progress and Application on Fungal Virus

ZHANG Li-yan<sup>1</sup>, ZHANG Guo-min<sup>1</sup>, MA Jun-tao<sup>1</sup>, DENG Ling-wei<sup>1</sup>, WANG Yong-li<sup>1</sup>, ZHAO Qian<sup>1</sup>, XU Xiao-bo<sup>2</sup>

(1. Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Northern Japonica Rice Molecular Breeding Joint Research Center, Chinese Academy of Sciences, Harbin, Heilongjiang 150086; 2. Agricultural Comprehensive Service Center of Baoshan Town of Molidawa Flag of Hulunbuir, Hulunbuir, Inner Mongolia 162863)

**Abstract:** Fungal virus is a kind of viruses which infect and replicate in fungus, some fungi virus for the host phenotype had significant inhibitory effect, such as decline phenomenon of the plant pathogenic fungus virulence, so the study of fungal virus prevention provided a new opportunity for the prevention of plant fungi disease and molecular biology research of pathogenic fungi. Through the introduction of classification, replication, propagation (vertical and horizontal), the impact on the host and related applications on biological control in plant fungal diseases, the theoretical foundation for the further utilization and study of fungal virus were laid.

**Key words:** fungal virus; biological control; biological characteristics